

Пространственное распределение ртути в почве (рис. 3) позволяет зафиксировать максимумы содержания в северо-восточной и южной частях города. Максимальные значения пространственного распределения ртути фиксируются в центральной и южной частях города (рис. 3). Учитывая общий наклон территории, можно сделать вывод о зависимости между содержанием ртути в листьях деревьев и абсолютных высот: чем ниже расположена точка отбора, тем соответственно, выше содержание ртути. Также необходимо отметить отсутствие какой-либо корреляции между основным направлением ветра (ЮВ, СВ) и пространственным распределением ртути.

Нами также был рассчитан коэффициент биологического поглощения по формуле:

$$\text{КБП} = \text{С зола листьев} / \text{С почва}.$$

Таблица

Коэффициент биологического поглощения

Номер пробы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
КБП	3,4	2	0,4	0,4	2,5	0,8	1,4	3,2	0,4	8,5	0,2	0,7	1,3
Номер пробы	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
КБП	1,3	1,4	1,9	0,6	0,7	1,4	0,4	1	3,1	0,9	0,5	3	

В 13 случаях КБП больше 1. Поэтому можно сделать вывод, что процесс накопления ртути в древесных растениях контролируется преимущественно поглощением воды из почвы, загрязненной ртутью. Полученные в результате работы данные могут способствовать проведению профилактических мероприятий на территории города.

#### Литература

1. Янин Е. П. Ртуть в окружающей среде промышленного города. – Москва, 1992. – 166 с.
2. Vi tri Ha Noi [Электронный ресурс] режим доступа: [http://vi.wikipedia.org/wiki/Vi%E1%BB%87t\\_Nam](http://vi.wikipedia.org/wiki/Vi%E1%BB%87t_Nam) (дата обращения: 18.01.2015).

### ПРОЯВЛЕННОСТЬ УЧАСТКОВ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ГОРНОГО МАССИВА «ДЕГЕЛЕН» ПО ДАННЫМ ГЕОХИМИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Г.М. Есильканов<sup>1</sup>

Научные руководители профессор Л.П. Рихванов<sup>1</sup>, начальник группы элементного анализа  
М.Т. Койгельдинова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

<sup>2</sup>Институт радиационной безопасности и экологии, г. Курчатов, Казахстан

В настоящее время в мире не проводятся крупные испытания ядерных устройств, но проблема оценки отдаленных последствий данных испытаний на окружающую среду в целом, и на здоровье населения в частности, сохраняется. Требуется всестороннее изучение влияния проведенных испытаний на окружающую среду и на население, в том числе и не радиационного.

Ядерный взрыв создает вокруг себя зону высокой температуры и давления, что в условиях подземных испытаний способствует испарению и плавлению окружающих пород с образованием газообразных потоков обогащенных химическими элементами. Этот эффект может привести к формированию геохимической аномалии. Данный феномен был замечен и изучен на испытательном полигоне Невада и выражался в повышении концентрации I, Mo, As, U в почве вокруг мест проведения подземных ядерных взрывов (ПЯВ) [5, 6].

Исходя из литературных данных, важно изучить ПЯВ как возможный фактор повышенных концентрации нерадиоактивных элементов в породах, воде и почве. Это актуально для Семипалатинского испытательного полигона (СИП), так как на его территории было проведено 456 взрывов, в том числе 30 наземных, 86 воздушных и 340 подземных ядерных взрывов [4].

Часть ПЯВ были проведены на площадке «Дегелен», расположенной в одноименном горном массиве в южной части СИП и представляющей собой вулканоплутоническую структуру, относящуюся к Чингиз-Тарбагатайской складчатой системе. Горный массив сложен в основном гранитами, в восточной части - кварцевыми порфирами. Его дренируют водотоки: Узынбулак, Байтлес и Карабулак. Последний рассматривается в данной работе. Он характеризуется непостоянным водотоком, зависящим от количества атмосферных осадков и рельефа, что способствует образованию участков с отличными друг от друга концентрациями элементов. Ручей Карабулак имеет четыре притока, которые берут начало в непосредственной близости от мест проведения ПЯВ и представляют собой места разгрузки водоносных горизонтов.

Отбор воды и донных отложений проводился по стандартным методикам в июле 2013 и 2014 годов [1, 2]. Всего отобрано 70 проб воды и 20 проб донных отложений (ДО). Вода была проанализирована на содержание 27 элементов (Mn, Be, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, U, Fe, B, V, As, Sr, Ag, Cd, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Ti, Zr, Nb, Mo, W, Re), в донных осадках определены 26 элементов (Na, Ca, Fe, Br, Ba, Co, Zn, As, Cr, Sb, Rb, Cs, Sr, Hf, Ta, Sc, Tb, Sm, Eu, La, Ce, Nd, Yb, Lu, U, Th) с использованием методов ICP-MS и инструментального нейтронно-активационного анализа. Измерения проводились в Институте радиационной безопасности и экологии (г.

Курчатов) и в Национальном исследовательском Томском политехническом университете. Статистическая обработка материала проводилась с помощью программ MS Excel 2010 и Statistica 10.

Сравнительный анализ химического состава воды, отобранной в 2013 и 2014, показан на рисунке 1.

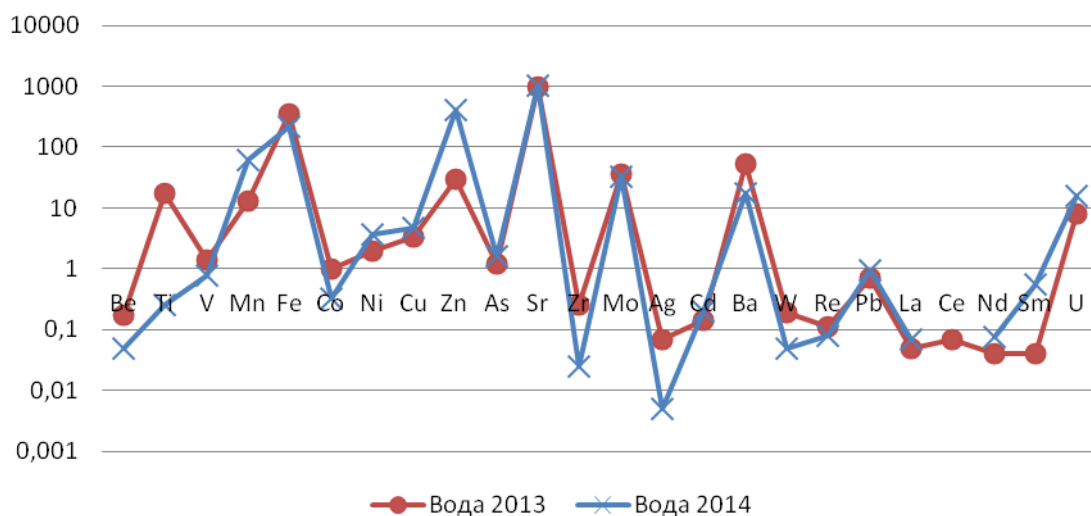


Рис. 1. Распределение элементов в воде р. Карабулак, построено по медианным значениям (мкг/кг)

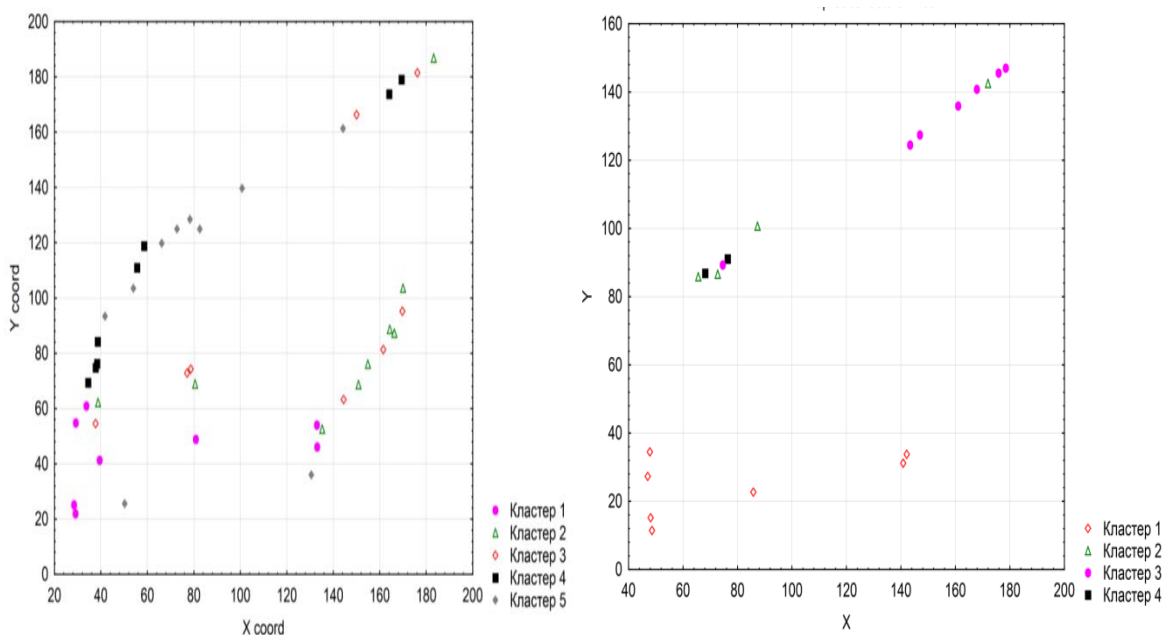


Рис. 2. График распределение кластеров в пространстве для воды и ДО (слева направо – кластеры для проб воды, кластеры для ДО)

Из рисунка 1 видно, что элементный состав воды отобранной в 2013 и 2014 годах, отличается друг от друга только в концентрациях, при этом общий характер распределения остается постоянным.

На основе проведенных анализов была выявлена пространственная неоднородность распределения концентрации различных элементов в зависимости от участков отбора проб. Так, содержание Be в воде притоков могло достигать 8,9 мкг/л, а в месте слияния – 0,4 мкг/л. Противоположное поведение у урана, максимальные концентрации в воде и донных отложениях приурочены к месту слияния притоков. Распределения других элементов имеет мозаичный характер, поэтому сложно установить какие-либо зависимости.

Для решения этой проблемы был применен иерархический кластерный анализ, с помощью которого проведено разделение точек опробования на кластеры по силе корреляционных связей содержаний элементов. На рисунке 2 представлены графики распределения кластеров в пространстве для проб воды и ДО.

Из рисунка 2 можно сделать выводы как о характере распределения элементов отдельно в воде и ДО, так и об общих зависимостях, присущих обеим средам. Водных кластеров больше и расположены они неравномерно. Это может указывать на сильную изменчивость химического состава воды в ручье. В ДО

кластеры локализуются менее хаотично, что обуславливается относительно стабильными условиями седиментации.

Заслуживает внимание то, что для проб воды и ДО характерно присутствие кластеров, расположенных в истоках ручья Карабулак. Это указывает на обособленность данных участков по химическому составу, на который, в свою очередь, могут влиять другие факторы, в том числе и приближенность к местам проведения ПЯВ. Также немаловажен кластер 3, находящийся в месте слияния всех притоков, по содержанию U его можно отнести к зоне концентрирования элементов. Результаты кластеризации согласуются с данными по распределению радионуклидов в ДО р. Карабулак [3], что подтверждает достоверность нашей интерпретации

#### Литература

1. ГОСТ 17.1.5.05-85 «Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков».
2. ГОСТ 17.4.3.01-83 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб».
3. Паницкий А.В., Магашева Р.Ю., Лукашенко С.Н. Характерные особенности радиоактивного загрязнения компонентов природной среды экосистем водотоков штолен горного массива Дегелен //Актуальные вопросы радиозологии Казахстана Выпуск 2: Сборник трудов Института радиационной безопасности и экологии за 2007 – 2009 гг. / под рук. Лукашенко С.Н. – Павлодар: Дом печати, 2010. – С. 57-103.
4. Ядерные испытания СССР. – М.: ИздАТ, 1997. – 304 с.
5. Bellucci J.J., Simonetti A., Koeman E.C., Wallace C., Burns P.C. A detailed geochemical investigation of post-nuclear detonation trinitite glass at high spatial resolution: Delineating anthropogenic vs . natural components // Chemical Geology, 2014. – Vol. 365. – P. 69-86.
6. Hall G.E.M., Vaive J.E., Button P. Detection of past underground nuclear events by geochemical signatures in soils // Journal of Geochemical Exploration, 1997. – Vol. 59. – P. 145-162.

#### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РТУТИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА КЕМЕРОВО В СУХОЙ МАССЕ ЛИСТЫ ТОПОЛЯ ЧЁРНОГО

К.С. Жукова

Научный руководитель доцент Д.В. Юсупов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Серьезной проблемой промышленных городов в России является загрязнение атмосферного воздуха. Основными источниками загрязнения в городах являются предприятия теплоэнергетики, промышленные предприятия, в том числе металлургические, и автотранспорт. Некоторые растения могут выступать индикаторами состояния атмосферного воздуха. На этом свойстве растений основан метод биоиндикации.

Тополь (*Populus L.*) – один из самых быстрорастущих родов древесных растений в умеренном поясе России. Благодаря скорости роста, сравнительно малой требовательности к условиям произрастания тополя используются в зеленом строительстве и защитном лесоразведении [2]. Тополь так же известен тем, что имеет высокую газопоглотительную способность. Листья тополя является кратковременной депонирующей средой, где накапливаются различные вещества в течение вегетативного периода растения. Поэтому листья тополя используются как наиболее информативный объект для определения качества окружающей природной среды, главным образом атмосферного воздуха, в крупных промышленных городах [5].

Цель работы: изучение сухой массы листьев тополя черного для получения данных о распределении ртути на территории города Кемерово.

Город Кемерово располагается на двух берегах р. Томь, в среднем её течении. Численность населения составляет около 550 тыс. человек. Левобережная часть территории города находится южнее правобережной и включает в себя предприятия теплоэнергетики, химической, машиностроительной и угольной промышленности. Крупнейшими теплоэлектростанциями в г. Кемерово являются Ново-Кемеровская ТЭЦ и Кемеровская ГРЭС, работающие в основном на угле Кузнецкого бассейна.

Преобладающее направление ветра в городе южное и юго-восточное. Следовательно, поступающие с выбросами загрязняющие вещества уносятся на север и северо-запад. Уровень загрязнения атмосферного воздуха г. Кемерово оценивался в 2013 г. как высокий. Наибольшее количество проб с превышением ПДК по воздуху было отмечено по саже [4].

Согласно опубликованным данным среднее содержание ртути в товарных углях Кузнецкого бассейна, используемых на теплоэлектростанциях г. Кемерово, составляет 0,094 мг/кг. В 2001 году в Кузнецком бассейне было добыто 126 млн тонн угля, а масса ртути, извлеченная из недр с углём, составила 11,8 тонн [3]. По данным за 2013 год фактический расход угля на теплоэлектростанциях г. Кемерово составил порядка 1,8 млн тонн [4].

При высоких температурах сжигания ртуть, содержащаяся в углях, практически вся переходит в газообразное состояние и, в конечном счете, выбрасывается в атмосферу с отходящими газами или концентрируется на частицах, улавливаемыми специальными очистными установками. Поэтому большинство систем очистки не являются эффективными для улавливания ртути при выбросе отходящих газов в атмосферу. Важнейшей технологической особенностью ртути является ее летучесть [1].

Согласно экспериментальным данным, для пылеугольных топок с сухим шлакоудалением вынос Hg в газовую аэрозольную фазу из высокотемпературной зоны топки составляет 98-99 %. Хотя для топок другого типа данные отсутствуют, можно ожидать, что независимо от конструкции топки и режима сжигания ртуть почти целиком уходит в летучие продукты [1]. Таким образом, в 2013 году эмиссия ртути в окружающую среду г. Кемерово от сжигания угля на теплоэлектростанциях могла составить приблизительно 167 кг.